

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/013623

International filing date: 01 December 2004 (01.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 020 131.5
Filing date: 24 April 2004 (24.04.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 25 January 2005 (25.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

14.01.2004



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 020 131.5

Anmeldetag: 24. April 2004

Anmelder/Inhaber: SMS Demag AG, 40237 Düsseldorf/DE;
ThyssenKrupp Stahl AG, 47166 Duisburg/DE.

Bezeichnung: Kombinierte Fahrweisen und Gerüsttypen in Kalt-
tandemstraßen

Priorität: 19. Dezember 2003 DE 103 59 838.3

IPC: B 21 B 13/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Dezember 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Zitzenzier

23.04.2004

41 134

SMS Demag Aktiengesellschaft, Eduard-Schloemann-Str. 4, 40237 Düsseldorf
ThyssenKrupp Stahl AG, Kaiser-Wilhelm-Str. 100, 47166 Duisburg

Kombinierte Fahrweisen und Gerüsttypen in Kalttandemstraßen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kombinierten Fahrweise einzelner Walzengerüste innerhalb einer Kalttandemstraße, umfassend jeweils ein Paar Arbeitswalzen und Stützwalzen bei 4-Walzengerüsten und zusätzlich ein Paar Zwischenwalzen bei 6-Walzengerüsten, wobei zumindest die Arbeitswalzen und die Zwischenwalzen mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken.

In der Vergangenheit sind die Anforderungen an die Qualität von kaltgewalztem Band hinsichtlich Dickentoleranzen, erreichbaren Enddicken, Bandprofil, Bandplanheit, Oberflächen etc. stetig gestiegen. Die Produktvielfalt am Markt für kaltgewalzte Bleche führt zudem zu einem immer vielfältigeren Produktspektrum hinsichtlich der Materialeigenschaften und der geometrischen Abmessungen. Aufgrund dieser Entwicklung wird der Wunsch nach flexibleren Anlagenkonzeptionen und Fahrweisen in Kalttandemstraßen – optimal angepasst an das zu walzende Endprodukt – immer stärker.

Das klassische Anlagenkonzept einer Kalttandemstraße besteht in der Aneinanderreihung mehrerer 4-Walzengerüste. Die Anzahl der benötigten Gerüste wird maßgeblich durch die Gesamtabnahme sowie die zu erzielende Enddicke bestimmt. Neben den Basiskonzepten mit Biegesystemen und festen Walzenballigkeiten als den Walzspalt beeinflussenden Stellgliedern, existieren im Wesentlichen drei weitere Gerüstkonzeptionen, die entweder durch Verschieben oder durch Schwenken der Arbeitswalzen basierend auf unterschiedlichen Wirkprinzipien den Walzspalt zusätzlich beeinflussen.

Diese sind:

- Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens
- CVC/CVC^{plus} – Technologie
- PC – Technologie (Per Cross – Schwenken der Arbeitswalzen)

Infolge unterschiedlicher, technologischer Kriterien kann es sinnvoll sein, vom klassischen Anlagenkonzept (bestehend ausschließlich aus 4-Walzengerüsten) abzuweichen und einzelne Gerüste als 6-Walzengerüste auszuführen.

Das Erreichen einer gewünschten Enddicke sowie die Realisierung bestimmter Abnahmeverteilungen (Stichplangestaltung), insbesondere bei höherfesten Güten, wird maßgeblich durch den Arbeitswalzendurchmesser beeinflusst. Mit abnehmendem Arbeitswalzendurchmesser reduziert sich die benötigte Walzkraft durch ein günstigeres Abplattungsverhalten. Der Durchmesserreduzierung sind sowohl von der Übertragung der Drehmomente her als auch im Hinblick auf die Walzendurchbiegung Grenzen gesetzt. Reichen die Zapfenquerschnitte zur Übertragung der Antriebsmomente nicht aus, so können die Arbeitswalzen über Reibungsschluss durch die benachbarte Walze angetrieben werden. Im Falle eines 4-Walzengerüsts sind allerdings schwere Antriebselemente (Motor, Kammwalzgetriebe, Spindeln) zur Realisierung eines Stützwälzenantriebs erforderlich, welche die Anlage verteuern. Hier ist es sinnvoll, einzelne Gerüste (meist die vorderen) als 6-Walzengerüste mit Zwischenwalzenantrieb auszuführen.

Für die Planheit des Bandes spielt neben der vertikalen Durchbiegung auch die horizontale Durchbiegung der Arbeitswalzen und Zwischenwalzen eine bedeutende Rolle. Durch das horizontale Verschieben der Arbeits-/Zwischenwalzen aus der Mittenebene des Gerüsts erfolgt ein Abstützen des Walzensatzes, der zur wesentlichen Reduzierung der horizontalen Durchbiegung führt.

Eine zusätzliche Beeinflussung des Walzvorgangs bezüglich der Planheit und des Walzspalts besteht in einem Verschwenken der Arbeitswalzen, wobei, wie in der JP 57 190 704 A für 4-Walzengerüste beschrieben wird, die Arbeits- / Zwischenwalzen um einen gemeinsamen Drehpunkt in der Walzenachsenmitte parallel zur Bandebene gegeneinander um jeweils den gleichen Betrag gleichzeitig verschwenkt werden.

Zudem verfügt das 6-Walzengerüst in der Zwischenwalzen-Biegung über ein zusätzliches, schnelles Stellglied. In Kombination mit der Arbeitswalzenbiegung besitzt das 6-Walzengerüst zwei in der Wirkung auf den Walzenspalt unabhängige Stellglieder. Im ersten Gerüst ist somit eine schnelle Adaption des Walzenspaltes an das einlaufende Bandprofil zur Vermeidung von Planheitsdefekten gewährleistet. Im letzten Gerüst können beide Stellglieder effektiv in der Planheitsregelung verwendet werden.

Ein weiteres Kriterium für die Qualität des Endproduktes ist die Oberflächenbeschaffenheit des auslaufenden Bandes. Durch texturierte (aufgeraute) und verchromte Walzen lässt sich die Oberfläche des Bandes gezielt voreinstellen. Um Markierungen am Endprodukt durch das Verschieben von Verschleißkanten oder Schattierungen auf der Bandoberfläche durch das Auftreten von Relativgeschwindigkeitsdifferenzen über der Breite des auslaufenden Bandes zu vermeiden, ist es sinnvoll, das letzte Gerüst einer Kalttandemstraße als 6-Walzengerüst auszuführen. Die Arbeitswalzen sind zylindrisch oder mit einer leichten Balligkeit versehen. Sie werden im Walzprozess nicht verschoben.

Bei den vorstehend beschriebenen Wirkprinzipien handelt es sich um getrennte Gerüstkonzepte, da unterschiedliche Walzengeometrien erforderlich sind. In der klassischen CVC – Technologie, wie sie in der EP 0 049 798 B1 beschrieben wird, sind die Ballenlängen der verschiebbaren Walzen stets um den axialen Verschiebehub länger als die feststehenden, unverschobenen Walzen. Dadurch wird erreicht, dass die verschiebbare Walze nicht mit ihrer Ballenkante unter die feststehenden Walzenballen

geschoben werden kann. Somit werden Oberflächenschäden/Markierungen vermieden. Die Arbeitswalzen werden im Allgemeinen über ihre gesamte Länge an den Zwischen- oder Stützwalzen abgestützt. Dadurch wird die von den Stützwalzen ausgeübte Walzkraft auf die gesamte Länge der Arbeitswalzen übertragen. Dies hat zur Folge, dass die über das Walzgut seitlich vorstehenden und damit am Walzvorgang nicht beteiligten Enden der Arbeitswalzen durch die auf sie ausgeübte Walzkraft in Richtung auf das Walzgut durchgebogen werden. Aus dieser schädlichen Durchbiegung der Arbeitswalzen resultiert eine Aufbiegung der mittleren Walzenabschnitte. Sie bewirkt ein zu geringes Auswalzen des zentralen Bandbereiches und ein starkes Auswalzen der Bandkanten. Diese Wirkungen kommen besonders bei sich im Betrieb ändernden Walzbedingungen sowie beim Walzen von unterschiedlich breiten Bändern zur Geltung.

Dem gegenüber werden bei der Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens, wie in der DE 22 06 912 C3 offenbart ist, im gesamten Walzensatz Walzen mit gleichen Ballenlängen verwendet. Die verschiebbaren Walzen sind dabei einseitig im Ballenkantenbereich entsprechend geometrisch gestaltet und mit einem Rückschliff versehen, um lokal auftretende Lastspitzen zu reduzieren. Das Wirkprinzip beruht auf dem bandkantenorientierten Nachschieben der Ballenkante, entweder vor, auf oder sogar bis hinter die Bandkante. Insbesondere bei 6-Walzengerüsten führt das Verschieben der Zwischenwalze unter die Stützwalze zur gezielten Beeinflussung der Wirksamkeit der positiven Arbeitswalzen-Biegung. Nachteilig wirkt sich allerdings bei diesem Verfahren das axiale Verschieben der Walzen auf die Lastverteilung in den jeweiligen Kontaktfugen aus. Mit kleiner werdender Bandbreite erhöht sich die maximal auftretende Lastspitze der Kontaktkraftverteilung gravierend.

In der Patentschrift DE 36 24 241 C2 (Verfahren zum Betrieb eines Walzwerks zur Herstellung eines Walzbandes) werden beide Verfahren miteinander kombiniert. Ziel ist es, die nachteilige Durchbiegung der Arbeitswalzen unter Walzkraft über das gesamte Bandbreitenspektrum zu vergleichmäßigen und unter Verkürzung der Ver-

schiebewege die Wirksamkeit der Walzenbiegesysteme zu vergrößern, ohne dass der kontinuierliche Walzbetrieb unterbrochen werden muss. Dieses Ziel wird durch das bandkantenorientierte Verschieben von Zwischen- bzw. Arbeitswalzen mit einem auf-gebrachten CVC-Schliff erreicht. Die Ballenkanten der CVC-Walzen werden dabei im Bereich der Bandkante positioniert. Wie im Falle der Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens besteht der Walzensatz aus Walzen gleicher Ballenlängen.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ist man bestrebt, möglichst alle Gerüste gleich auszuführen, um die Kosten für Wartung und Ersatzteile zu reduzieren. In der Vergangenheit wurden Kalttandemstraßen deshalb im klassischen Anlagenlayout oder durchweg in den beschriebenen Technologien ausgeführt.

Aufgabe der Erfindung ist es, diese Technologien/Fahrweisen durch eine Gerüstkonzeption mit geometrisch gleichem Walzensatz zu realisieren, der nicht nur auf ein 6-Walzengerüst und nicht nur auf die Zwischenwalzen beschränkt ist.

Die gestellte Aufgabe wird verfahrensmäßig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 durch einen kombinierten Einsatz folgender Technologien innerhalb der mehrgerüstigen Kalttandemstrasse gelöst:

- Verwendung der CVC/CVC^{plus} – Technologie mit CVC-Walzkonturen höherer Ordnung, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze einen um den Verschiebehub verlängerten Ballen besitzt;
- Verwendung der Per Cross (PC) – Technologie, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze parallel zur Bandebene verschwenkt werden kann;
- Verwendung des bandkantenorientierten Verschiebens der Arbeits- / Zwischenwalzen, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze einen um den Verschiebe-

hub verlängerten Ballen mit einem zylindrischen oder balligen Schliff besitzt und diese relativ zur neutralen Verschiebeposition in Gerüstmitte symmetrisch um jeweils den gleichen Betrag in Richtung ihrer Rotationsachse gegeneinander verschoben werden.

Eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens ist durch die Merkmale des Anspruchs 5 gekennzeichnet.

Als Basis für das Gerüstkonzept wird die Walzenkonfiguration aus der CVC/CVC^{plus} – Technologie für ein 6-Walzen- bzw. 4-Walzengerüst verwendet. Die verschiebbare Zwischen- bzw. Arbeitswalze besitzt einen um den CVC-Verschiebehub längeren Ballen, der sich für die neutrale Verschiebeposition symmetrisch in Gerüstmitte befindet.

Die Arbeits- / Zwischenwalze mit längerem und symmetrischem Ballen wird während des bandkantenorientierten Verschiebens entweder mit einem zylindrischen oder balligen Schliff eingesetzt. Durch geeignete Ausführung eines Rückschliffs im Bereich der Ballenkante in Kombination mit dem überlagerten Walzenschliff und dem bandbreitenabhängigen Optimieren der axialen Verschiebeposition lässt sich das Deformationsverhalten des Walzensatzes und die Wirksamkeit der positiven Arbeitswalzen-Biegung (6-Walzengerüst) gezielt beeinflussen und der Walzspalt kann optimal eingestellt werden.

Weiterhin werden durch Optimieren der Verschiebeposition der Arbeits- / Zwischenwalzen gezielt Ballenbereiche innerhalb des Walzensatzes aus dem Kraftfluss ausgeblendet. Daraus resultierende, sich negativ auswirkende Verformungen werden reduziert, da das "Prinzip des idealen Gerüsts" angenähert wird. Allerdings erhöhen sich die auftretenden Lastverteilungen in den jeweiligen Kontaktfugen aufgrund der reduzierten Kontaktlängen.

Die beschriebenen Gerüstkonzeptionen werden gemäß der Erfindung derart abgewandelt, dass der Walzspalt entweder durch das Verschieben oder das Schwenken der Arbeits- / Zwischenwalze beeinflusst wird. Ein 6-Walzengerüst ist in jedem Fall zwingend notwendig, wenn ein zusätzliches, den Edge Drop des Bandes beeinflussendes Stellglied im Gerüst implementiert werden soll. Dazu sind zwei voneinander unabhängige Verschiebesysteme für Profil und Planheit nötig. Das Anlagenlayout wird durch diese Kriterien maßgeblich bestimmt. Abhängig von den gestellten Anforderungen an den Walzprozess reicht die Palette der Anlagenkonfigurationen von den klassischen Kalttandemstraßen, bestehend aus 4-Walzengerüsten, über kombinierte Anlagen, bestehend aus 4-/6-Walzengerüsten bis hin zur Kalttandemstraße, die ausschließlich aus 6-Walzengerüsten besteht. Die grundsätzliche Vorgehensweise zur Realisierung einer bandkantenorientierten Verschiebestrategie ausschließlich der Zwischenwalzen und ausschließlich in einem 6-Walzengerüst unter Verwendung eines geometrisch gleichen Walzensatzes ist in der DE 100 37 004 A1 ausführlich beschrieben.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den nachstehenden Erläuterungen einiger in Zeichnungsfiguren schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele. Zur besseren Übersichtlichkeit sind gleiche Walzen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Es zeigen:

- Fig. 1 die Geometrie der Zwischenwalze ohne Walzenschliff in einem 6-Walzengerüst,
- Fig. 2 die Geometrie der Arbeitswalze ohne Walzenschliff in einem 4-Walzengerüst,
- Fig. 3 den einseitigen Rückschliff im Bereich der Ballenkante einer Arbeits- / Zwischenwalze,

- Fig. 4 Gerüstkonzeption mit verlängertem Zwischenwalzenballen,
 Fig. 5 Gerüstkonzeption mit verlängertem Arbeitswalzenballen,
 Fig. 6a-6c Positionierung des Zwischenwalzenrückschliffs,
 Fig. 7a-7c Positionierung des Arbeitswalzenrückschliffs.

In den Figuren 1 und 2 ist die Geometrie der Zwischen- / Arbeitswalze 11, 10 ohne Walzenschliff dargestellt. In Fig. 1 befindet sich die mit einem verlängerten Ballen versehene verschiebbare Zwischenwalze 11 zwischen der Arbeitswalze 10 und der Stützwalze 12 in neutraler Verschiebeposition $s_{ZW} = 0$ symmetrisch in der Gerüstmitte Y-Y. In Fig. 2 besitzt die Arbeitswalze 10 einen verlängerten Ballen. Auch sie befindet sich in neutraler Verschiebeposition $s_{AW} = 0$ symmetrisch in der Gerüstmitte Y-Y.

In der Figur 3 ist schematisch das Aussehen und die geometrische Anordnung eines einseitigen Rückschliffs d im Bereich der Ballenkante einer Arbeits- / Zwischenwalze 10, 11 dargestellt. In der DE 100 37 004 A1 ist ein einseitiger Rückschliff, wie er hier verwendet wird, bereits ausführlich beschrieben und in einer Zeichnungsfigur dargestellt.

Die Länge l des einseitigen Rückschliffs d im Bereich einer Ballenkante der Arbeits- / Zwischenwalze 10, 11 teilt sich in zwei aneinander gesetzte Bereiche a und b auf. Im ersten inneren Bereich a, beginnend im Punkt d_0 , folgt der Rückschliff d der Kreisgleichung $(l - x)^2 + y^2 = R^2$ mit R für den Walzenradius. Für den Bereich a ergibt sich dann ein Betrag $d(x)$ des Rückschliffs d von:

$$\text{Bereich a: } =(R^2 - (R - d)^2)^{1/2} \quad \Rightarrow \quad d = d(x) = R - (R^2 - (l - x)^2)^{1/2}$$

Wird eine in Abhängigkeit der äußeren Randbedingungen (Walzkraft und daraus resultierende Walzenverformung) vorgegebene minimal notwendige Durchmesserredu-

zierung $2d$ erreicht, so verläuft der Rückschliff d linear bis zur Ballenkante aus, woraus sich für den Bereich b ergibt.

$$\text{Bereich } b: = l - a \quad \Rightarrow \quad d = d(x) = \text{const.}$$

Der Übergang zwischen Bereich a und b kann mit oder ohne stetig differenzierbarem Übergang ausgeführt werden. Weiterhin kann dieser Übergang des Rückschliffs auch mit einer sequentiellen Rücknahme des aus der Abplattung resultierenden Maßes d nach einer vorher ermittelten Tabelle vorgenommen werden. Der Rückschliff d ist dann beispielsweise im Übergangsbereich flacher als ein Radius und am Ende sehr viel steiler. Aus schleiftechnischen Gründen ist der Übergang zum zylindrischen Teil über einen entsprechend größeren Absatz im Übergang zwischen a und b auszuführen (ca. $2d$).

Die Durchmesserreduzierung $2d$ durch den Rückschliff wird so vorgegeben, dass sich in einem 6-Walzengerüst die Arbeitswalze 10 frei um den Rückschliff d der Zwischenwalze 11 biegen kann, ohne dass Kontakt im Bereich b befürchtet werden muss. Im 4-Walzengerüst dient der Rückschliff d nur zur lokalen Reduzierung der auftretenden Lastspitzen.

Im Normalfall befindet sich der einseitige Rückschliff d an der oberen Arbeits- / Zwischenwalze 10, 11 auf der Bedienungsseite BS und an der unteren Arbeits- / Zwischenwalze 10, 11 auf der Antriebsseite AS, wie in den Figuren 4 und 5 dargestellt ist. Am Wirkprinzip ändert sich aber nichts, wenn man den Rückschliff d umgekehrt an der oberen Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 auf der Antriebsseite AS und an der unteren Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 auf der Bedienungsseite BS anbringt.

In den Figuren 6a bis 6c ist das axiale Verschieben der Zwischenwalze 11 um einen Verschiebehub m dargestellt. In Fig. 6a wird der Beginn d_0 des Rückschliffs d außer-

halb ($m = +$), in Fig. 6b auf ($m = 0$) und in Fig. 6c innerhalb ($m = -$) der Bandkante, also schon innerhalb der Bandbreite positioniert. Die Positionierung erfolgt in Abhängigkeit von der Bandbreite und den Materialeigenschaften, wodurch gezielt das elastische Verhalten des Walzensatzes sowie die Wirksamkeit der positiven Arbeitswalzen-Biegung (6-Walzengerüst) eingestellt werden kann.

In den Figuren 7a bis 7c sind schließlich die in gleicher Weise wie bei der Zwischenwalze 11 in den Figuren 6a bis 6c durchgeführten bandkantenorientierten Verschiebungen der Arbeitswalze 10 dargestellt.

In verschiedenen Bandbreitenbereichen wird die Verschiebposition durch stückweise lineare Ansatzfunktionen vorgegeben, denen unterschiedliche Positionen des Beginns d_0 des Rückschliffes d relativ zur Bandkante zu Grunde liegen.

Wesentlicher Vorteil der beschriebenen Gerüstkonzeption ist, dass mit nur einem geometrisch gleichen Walzensatz die CVC/CVC^{plus} – Technologie sowie die Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens realisiert werden kann. Es sind keine unterschiedlichen Walzentypen mehr notwendig. Unterschiede bestehen nur noch im aufgetragenen Walzenschliff oder einem Rückschliff nach oben gearteten Vorgaben. Dabei besteht die Möglichkeit, beide Technologien noch zusätzlich mit einem Verschwenken der Arbeits- / Zwischenwalzen in der Banebene miteinander zu kombinieren.

Bezugszeichenliste

10	Arbeitswalze
11	Zwischenwalze
12	Stützwalze
14	Walzband
a	erste innere Abschnittslänge von d
b	zweite äußere Abschnittslänge von d
d	Rückschliff
d ₀	Beginn von d
d(x)	von x abhängiger Betrag von d
l	Länge von d
m	Verschiebehub
s _{AW}	Verschiebungsbetrag einer Arbeitswalze
s _{ZW}	Verschiebungsbetrag einer Zwischenwalze
x, y	kartesische Koordinaten
AS	Antriebsseite
BS	Bedienungsseite
R	Walzenradius
R ₀	Ausgangswalzenradius
X-X	Rotationsachse
Y-Y	Gerüstmitte

Ansprüche

1. Verfahren zur Fahrweise der Walzengerüste einer Kalttandemstrasse, umfassend jeweils ein Paar Arbeitswalzen (10) und Stützwalzen (12) bei 4-Walzengerüsten und zusätzlich ein Paar Zwischenwalzen (11) bei 6-Walzengerüsten, wobei zumindest die Arbeitswalzen (10) und die Zwischenwalzen (11) mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken, **gekennzeichnet durch** den kombinierten Einsatz folgender Technologien innerhalb der mehrgerüstigen Kalttandemstrasse:

- Verwendung der CVC/CVC^{plus} – Technologie mit CVC-Walzkonturen höherer Ordnung, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze (10, 11) einen um den Verschiebehub verlängerten Ballen besitzt;
- Verwendung der Per Cross (PC) – Technologie, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze (10, 11) parallel zur Bandebene verschwenkt werden kann;
- Verwendung des bandkantenorientierten Verschiebens der Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11), wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze (10, 11) einen um den Verschiebehub verlängerten Ballen mit einem zylindrischen oder balligen Schliff besitzt und diese relativ zur neutralen Verschiebeposition ($s_{zw} = 0$ bzw. $s_{aw} = 0$) in Gerüstmitte (Y-Y) symmetrisch um jeweils den gleichen Betrag in Richtung ihrer Rotationsachse (X-X) gegeneinander verschoben werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Verwendung des bandkantenorientierten Verschiebens die Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11) mit einem einseitigen Rückschliff (d) versehen sind, wobei beim Verschieben jeder Arbeits- / Zwischenwalze (10, 11) der Beginn (d_0) des Rückschliffs (d) außerhalb oder auf oder innerhalb der Bandkante, d. h. innerhalb der Bandbreite des Bandes (14), positioniert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verschiebeposition der Arbeits-/Zwischenwalze (10, 11) in unterschiedlichen Bandbreitenbereichen durch stückweise lineare Ansatzfunktionen vorgegeben wird, denen unterschiedliche Positionen des Beginns (d_0) des Rückschliffs (d) relativ zur Bandkante (14) zugrunde liegen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch optimierte Verschiebestrategien als Funktion der Bandbreite eine bestmögliche Ausnutzung der Technologiekombination innerhalb der mehrgerüstigen Kalttandemstraße erfolgt.

5. Kalttandemstraße, umfassend 4- / 6-Walzengerüste mit jeweils ein Paar Arbeitswalzen (10) und Stützwalzen (12) bei 4-Walzengerüsten und zusätzlich jeweils ein Paar Zwischenwalzen (11) bei 6-Walzengerüsten, wobei zumindest die Arbeitswalzen (10) und die Zwischenwalzen (11) mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11) der Walzgerüste je einen um den axialen Verschiebehub verlängerten und symmetrischen Ballen mit einem zylindrischen oder balligen Schliff aufweisen, der sich für die neutrale Verschiebeposition ($s_{ZW} = 0$ bzw. $s_{AW} = 0$) symmetrisch in Gerüstmitte (Y-Y) befindet.

6. Kalttandemstraße nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ballen der Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11) mit einem einseitigen Rückschliff (d) versehen ist, dessen Länge (l) in zwei aneinander grenzende Bereiche (a) und (b) getrennt ist, wobei der erste Bereich (a), beginnend mit dem Radius (R_0), der Kreisgleichung

$$(l - x)^2 + y^2 = R^2$$

folgt und der Bereich (b) linear verläuft, woraus sich für diese Bereiche folgender Rückschliff (d) bzw. folgende Durchmesserreduzierung ($2d$) ergibt:

$$\text{Bereich (a): } = (R^2 - (R - d)^2)^{1/2} \quad \Rightarrow \quad d = d(x) = R - (R^2 - (l - x)^2)^{1/2}$$

Bereich (b): $= l - a$

$\Rightarrow d = d(x) = \text{const.}$

7. Kalttandemstraße nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergang des Rückschliffs (d) zwischen den Bereichen (a) und (b) mit einer sequentiellen Rücknahme des aus der Walzenabplattung resultierenden Maßes (d) nach einer ermittelten Tabelle vorgenommen wird.

8. Kalttandemstraße nach Anspruch 5, 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch entsprechende Wahl der Walzgerüste eine Kombination der verschiedenen Technologien:

- des bandkantenorientierten Verschiebens der Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11),
 - der CVC – Technologie, und
 - des Verschwenkens der Arbeitswalzen (10), der PC – Technologie (Per Cross),
- innerhalb der mehrgerüstigen Kalttandemstraße ermöglicht wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch entsprechende Anlagenkonzeption die CVC/CVC^{plus} – Technologie sowie die Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens sowie gegebenenfalls die PC-Technologie mit nur einem geometrisch gleichen Walzensatz realisiert wird.

Zusammenfassung

Ein Verfahren zur kombinierten Fahrweise einzelner Walzengerüste innerhalb einer Kalttandemstrasse, umfassend jeweils ein Paar Arbeitswalzen (10) und Stützwalzen (12) bei 4-Walzengerüsten und zusätzlich ein Paar Zwischenwalzen (11) bei 6-Walzengerüsten, wobei zumindest die Arbeitswalzen (10) und die Zwischenwalzen (11) mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken, ist gekennzeichnet durch Kombination der verschiedener Technologien:

- Verwendung der CVC/CVC^{plus} – Technologie mit CVC-Walzkonturen höherer Ordnung, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze (10, 11) einen um den Verschiebehub verlängerten Ballen besitzt;
- Verwendung der Per Cross (PC) – Technologie, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze (10, 11) parallel zur Bandebene verschwenkt werden kann;
- Verwendung des bandkantenorientierten Verschiebens der Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11), wobei jede Arbeits-/Zwischenwalze (10, 11) einen um den Verschiebehub verlängerten Ballen mit einem zylindrischen oder balligen Schliff besitzt und diese relativ zur neutralen Verschiebeposition ($s_{zw} = 0$ bzw. $s_{aw} = 0$) in Gerüstmitte (Y-Y) symmetrisch um jeweils den gleichen Betrag in Richtung ihrer Rotationsachse (X-X) gegeneinander verschoben werden;

und ist weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass mit einer entsprechenden Anlagenkonzeption mit nur einem geometrisch gleichen Walzensatz die CVC/CVC^{plus} – Technologie sowie die Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens sowie gegebenenfalls die PC-Technologie realisiert werden kann. (Zeichnung: Fig. 4)

Fig. 1

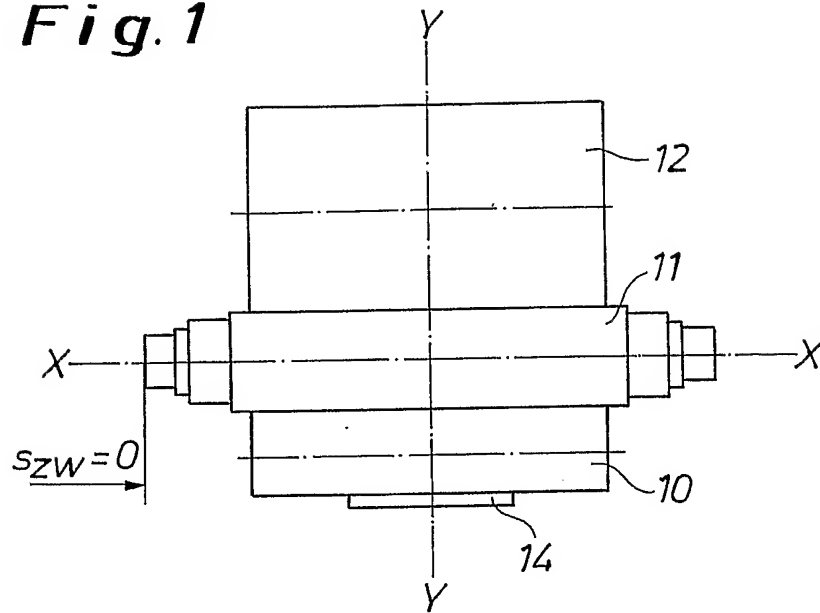


Fig. 2

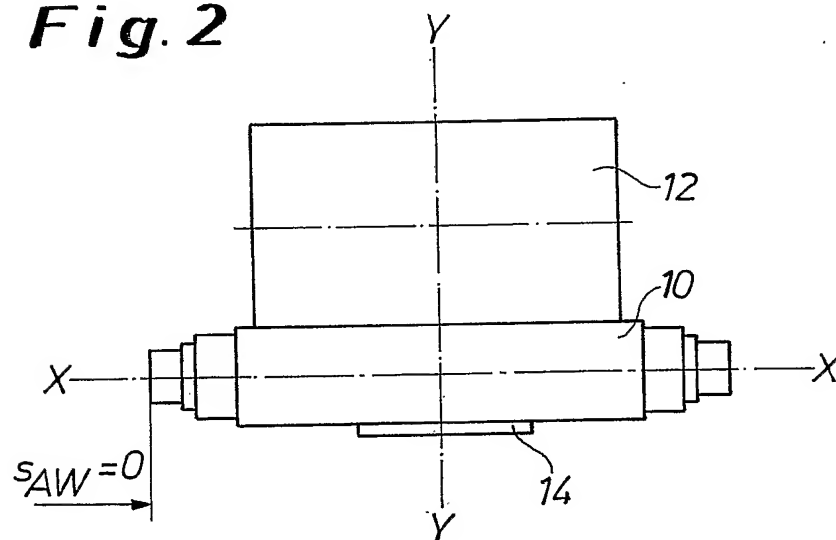


Fig. 3

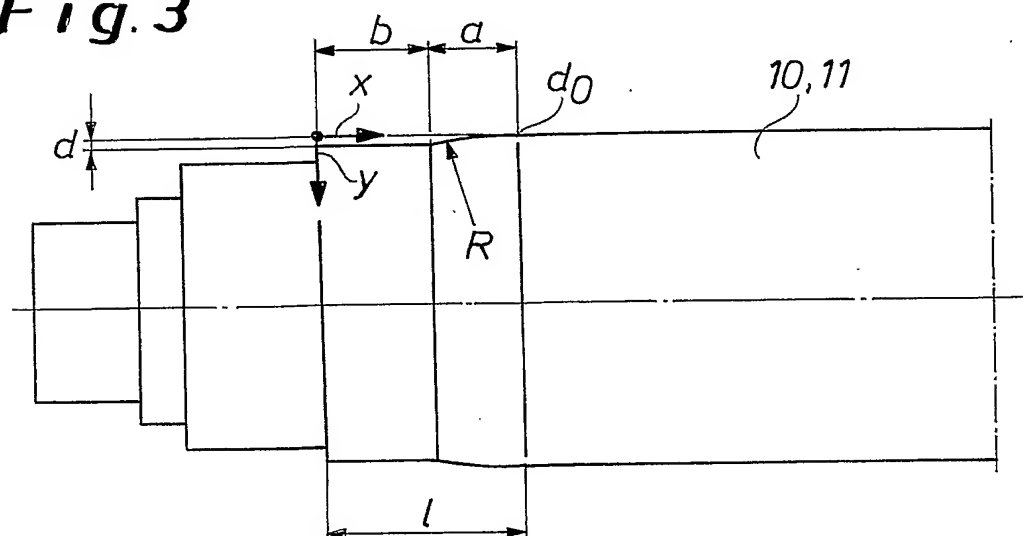


Fig. 4

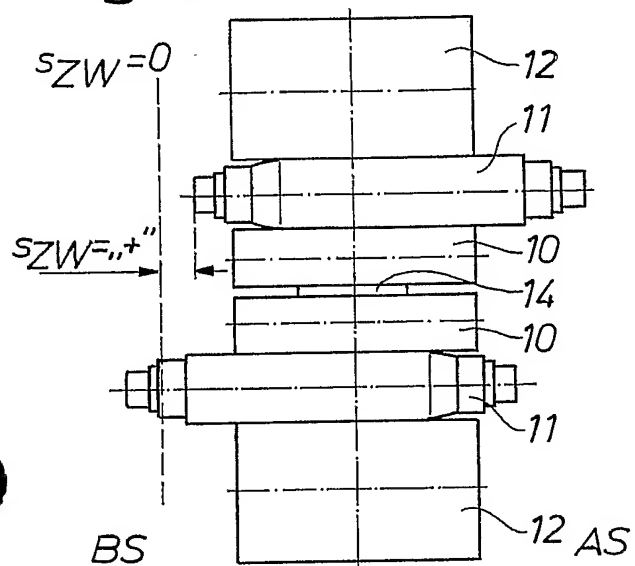


Fig. 5

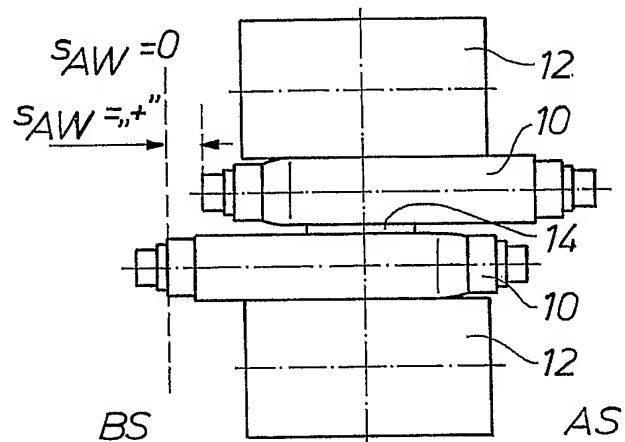


Fig. 6a

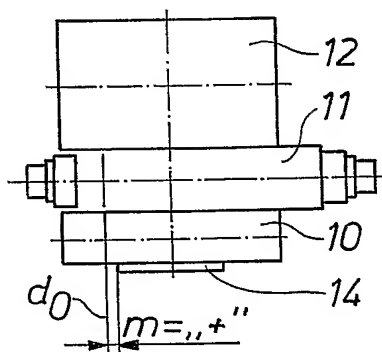


Fig. 6b

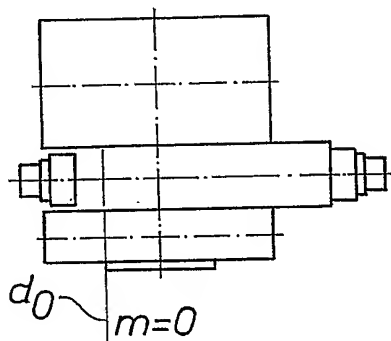


Fig. 6c

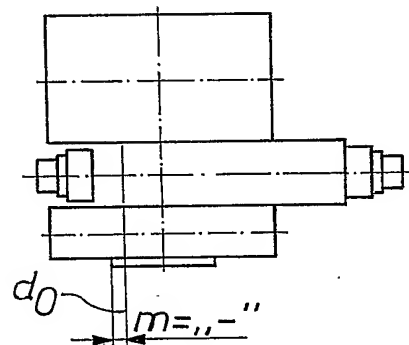


Fig. 7a

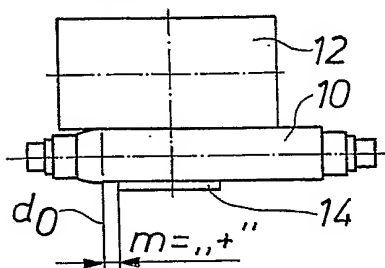


Fig. 7b

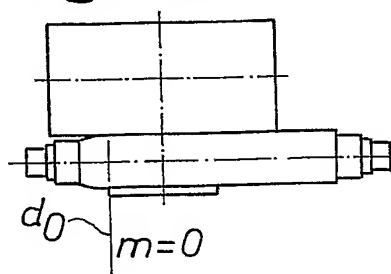


Fig. 7c

